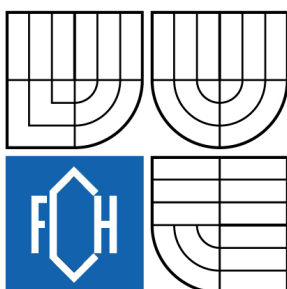




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA CHEMICKÁ**  
**ÚSTAV FYZIKÁLNÍ A SPOTŘEBNÍ CHEMIE**  
FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF PHYSICAL AND APPLIED CHEMISTRY

# STUDIUM CHEMICKÉ ODOLNOSTI PUR POVLAKŮ V PROSTŘEDÍ ACETALŮ

STUDY OF CHEMICAL RESISTANCE OF PUR COATINGS IN THE PRESENCE OF ACETATE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

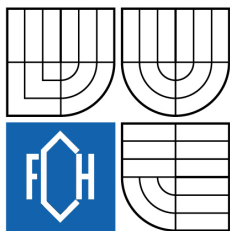
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**LENKA BIŇOVCOVÁ**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. JAROMÍR TULKA, CSc.**

BRNO 2009



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	<b>FCH-BAK0251/2008</b>	Akademický rok: <b>2008/2009</b>
Ústav:	Ústav fyzikální a spotřební chemie	
Student(ka):	<b>Lenka Biňovcová</b>	
Studijní program:	Chemie a chemické technologie (B2801)	
Studijní obor:	Spotřební chemie (2806R002)	
Vedoucí bakalářské práce:	<b>Ing. Jaromír Tulka, CSc.</b>	
Konzultanti bakalářské práce:		

### Název bakalářské práce:

Studium chemické odolnosti PUR povlaků v prostředí acetalů

### Zadání bakalářské práce:

Odolnost PUR nátěrů, tvorba databáze údajů

### Termín odevzdání bakalářské práce: 29.5.2009

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Lenka Biňovcová  
Student(ka)

-----  
Ing. Jaromír Tulka, CSc.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Miloslav Pekař, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2008

-----  
doc. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Předmětem této bakalářské práce je studium chemické odolnosti vybraných typů polyuretanových povlaků v prostředí acetalů. Hodnotí se chemická odolnost, tvrdost, tloušťka, změna lesku a přilnavost nátěru.

## **ABSTRACT**

Results of chemical resistance of selected polyurethane coatings in environment of acetals are presented. It is evaluated on chemical resistance, hardness, thickness, gloss change and adhesion of polyurethane (PUR) coatings.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Povlak, polymer, PUR (polyuretan), chemický, odolnost, rozpouštědla, acetaly.

## **KEYWORDS**

Coating, polymer, PUR (polyurethan), chemical, resistance, solvents, acetals.

BIŇOVCOVÁ, L. *Studium chemické odolnosti PUR povlaků v prostředí acetalů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaromír Tulka, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

podpis studenta

### *Poděkování:*

*Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Jaromíru Tulkovi, CSc. za trpělivost, vstřícnost, poskytnuté rady a cenné připomínky při vypracování mé bakalářské práce. Chtěla bych také poděkovat Ing. Naděždě Fasurové, PhD. za vytvoření experimentálního zázemí a cenné rady při zpracování této práce.*

## OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Teoretická část.....</b>	<b>8</b>
2.1	Materiál.....	8
2.1.1	Rozdělení materiálů .....	8
2.1.1.1	Kovové materiály .....	8
2.1.1.2	Keramické a skleněné materiály .....	8
2.1.1.3	Plasty a kaučuky .....	8
2.1.1.4	Kompozitní materiály.....	8
2.1.2	Povrchové úpravy materiálů .....	9
2.2	Nátěrové systémy .....	10
2.3	Nátěrové hmoty a nátěry .....	10
2.3.1	Dělení nátěrových hmot .....	10
2.3.1.1	Podle chemického složení .....	10
2.3.1.2	Podle obsahu pigmentu a plniv.....	11
2.3.1.3	Podle pořadí nanášení jednotlivých nátěrů .....	11
2.3.1.4	Podle způsobu zasychání nátěru.....	11
2.3.1.5	Podle způsobu sušení a vytvrzování.....	11
2.3.1.6	Podle počtu složek.....	12
2.3.1.7	Podle způsobu nanášení.....	12
2.3.1.8	Podle odolnosti nátěrů.....	12
2.3.1.9	Podle účelu použití.....	12
2.3.2	Složky nátěrových hmot.....	12
2.3.2.1	Pojidla.....	12
2.3.2.2	Pigmenty .....	13
2.3.2.3	Plnidla.....	14
2.3.2.4	Barviva.....	14
2.3.3	Označování nátěrových hmot.....	14
2.4	Polyuretanové nátěrové hmoty .....	15
2.4.1	Jednosložkové polyuretanové nátěrové hmoty .....	16
2.4.2	Dvousložkové polyuretanové nátěrové hmoty .....	17
2.4.2.1	Příklad polymerace – tvorba trimeru .....	19
2.4.2.2	Příklad kondenzačních reakcí.....	19
2.4.2.3	Látky vázající vodu .....	19
2.4.2.4	Změkčovadla .....	20
2.4.2.5	Katalyzátory.....	20
2.4.2.6	Pigmenty a plnidla .....	20
2.4.2.7	Toxicita polyuretanových nátěrových hmot.....	20
2.4.2.8	Aplikace polyuretanových nátěrových hmot .....	21
2.5	Rozpouštědla.....	21
2.5.1	Charakteristika rozpouštědel.....	22
2.5.2	Klasifikace rozpouštědel .....	22
2.5.3	Organická rozpouštědla používaná v oblasti nátěrových hmot.....	23
2.5.3.1	Uhlovodíky .....	23
2.5.3.2	Alkoholy .....	23

2.5.3.3	Ketony .....	24
2.5.3.4	Estery .....	24
2.5.3.5	Glykoletery .....	24
2.5.3.6	Acetaly .....	24
<b>3</b>	<b>Praktická část .....</b>	<b>25</b>
3.1	Použitý podkladový materiál .....	25
3.2	Zhotovování zkušebních nátěrů .....	25
3.3	Polyuretanový nátěrový systém .....	26
3.4	Použitá rozpouštědla .....	27
3.4.1	Methylal .....	27
3.4.2	Ethylal .....	27
3.4.3	Propylal .....	28
3.4.4	Butylal .....	29
3.4.5	2-Ethylhexylal .....	29
3.4.6	TOU .....	30
3.4.7	1,3-dioxolan .....	30
3.4.8	N-methyl-2-pyrrolidon .....	31
3.4.9	Směs rozpouštědel .....	32
3.5	Zkoušení kvality nátěrů .....	32
3.5.1	Změna lesku .....	32
3.5.1.1	<i>Vizuální hodnocení</i> .....	32
3.5.2	Tvrdost nátěru .....	32
3.5.2.1	<i>Stanovení povrchové tvrdosti tužkami</i> .....	32
3.5.3	Přilnavost nátěru .....	33
3.5.4	Odolnost nátěru .....	35
3.5.5	Tloušťka nátěru .....	35
<b>4</b>	<b>Výsledky a diskuze .....</b>	<b>37</b>
4.1	Výsledky odolnosti PUR nátěru .....	37
4.2	Výsledky změny lesku .....	40
4.3	Výsledky tvrdosti PUR nátěrů .....	41
4.4	Výsledky přilnavosti nátěrů .....	42
4.5	Srovnání vlastností polyuretanových nátěrů s epoxidovými nátěry .....	43
<b>5</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>48</b>

# 1 ÚVOD

Polyuretanové nátěrové systémy patří k významným formám povrchových úprav materiálů. Zhotovené polyuretanové povlaky (dále též PUR povlaky) se vyznačují v obecné rovině vysokou odolností proti povětrnostním a chemickým vlivům, je oceňována jejich odolnost proti mechanickým vlivům a v průmyslovém měřítku se využívají některé další významné specifické vlastnosti.

Kvantifikace odolnosti PUR povlaků je uváděna různými výrobci obvykle na modelových systémech, bez bližší konkretizace systému znehodnocování, tj. definování PUR nátěrových hmot použitých pro zhotovování PUR povlaků, definování korozního chemického prostředí z hlediska struktury, čistoty a podmínek aplikace. Např. uvedení faktu, že zhotovený PUR povlak je odolný proti působení ropných produktů je již z hlediska možného vlivu desítek typů těchto produktů neurčitý, neboť skupina ropných olejů může mít odlišné vlastnosti z hlediska korozního působení od ropných lehkých frakcí.

Nejinak je tomu při uvádění odolnosti materiálů a jejich povrchových úprav vůči působení organických rozpouštědel. Zatímco se obvykle uvádí odolnosti proti ethylalkoholu, dimethylketonu, butylacetátu apod., jiné typy rozpouštědel jsou (i když je jejich průmyslové využití významné) v kvantifikaci korozního působení často opomíjeny.

Z tohoto pohledu byla věnována pozornost, v souladu se zadáním, prakticky neznámému systému znehodnocování PUR povlak – rozpouštědla na bázi acetalů. Znalost chování těchto systémů je v technickém měřítku významná při působení různých typů chemických přípravků obsahujících acetaly na uvedené povlaky. Jedná se o vliv samotných rozpouštědel nebo vliv různých chemických přípravků s obsahem acetalů, z nichž lze uvést především čisticí prostředky pro mytí povrchově upravených dopravních prostředků a dále přípravky formulované s užitím acetalů k odstraňování starých nátěrů, graffiti, lepidel aj. nežádoucích depozitů.

Práce popisuje, s důrazem na uvedený systém znehodnocování PUR povlak – acetaly, ověřování odolnosti povlaků PUR vůči působení vybraných typů rozpouštědel acetalového typu s cílem obohatit sumární databázi údajů o korozní odolnosti technických materiálů.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Materiál

V širším slova smyslu jsou materiály charakterizovány jako látky, které mají prakticky využitelné vlastnosti. Vzhledem k tématu práce je proveden popis materiálů, které tvoří buď podklad k vytváření povlaků nebo jsou součástí polakových systémů.

#### 2.1.1 Rozdělení materiálů

Materiály dělíme do čtyř základních skupin. V každé skupině jsou materiály s podobnými vlastnostmi, podobnými výrobními a zpracovatelskými technologiemi a často i obdobnými aplikacemi.

##### 2.1.1.1 Kovové materiály

U kovových materiálů je hlavní složkou kovový prvek (Fe, Cu, Al, Au apod.) nebo jejich slitiny (Al-Cu, Fe-C). Jsou charakteristické vysokou pružností, možností zpevnění legováním a tepelným zpracováním. Kovy jsou houževnaté, dobře tvářitelné, mají dobrou tepelnou a elektrickou vodivost. Některé jsou však méně odolné vůči korozi.

##### 2.1.1.2 Keramické a skleněné materiály

Keramické materiály jsou na bázi jílových materiálů (kaolin, illit), živců, oxidů křemičitého, hlinitého apod. Skleněné materiály jsou převážně vyráběné z oxidu křemičitého, uhličitanů apod. Jsou charakteristické vysokou pružností, jsou však velmi křehké, tuhé tvrdé, odolné proti opotřebení, lze je využít i při vysokých teplotách, mají výbornou korozní odolnost.

##### 2.1.1.3 Plasty a kaučuky

Polymerní materiály jsou především na bázi organických sloučenin uhlíku. Jsou charakterizovány nízkou pružností, jsou poměrně pevné a lehké. Jejich vlastnosti závisí na teplotě, velmi dobře se tvarují. Polymerní materiály jsou významnou součástí nátěrových hmot - viz 2.2.

##### 2.1.1.4 Kompozitní materiály

Jedná se o heterogenní materiály složené ze dvou a více fází, které se vzájemně výrazně liší svými mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi. V kompozitech je jedna složka spojitá tvořící matici a druhá je vytužujícím elementem. Rozlišujeme kompozity polymerní, keramické a kovové (sklolamináty, cementy apod.). Získáváme tak materiály s vynikajícími užitnými vlastnostmi.



Podrobnější rozdělení materiálů do skupin je možné provést podle řady dalších kritérií např. podle chemického složení, podle vlastností, podle tvaru, podle zpracování, podle průmyslového odvětví, kde jsou materiály využívány apod. [5,6].

Materiály mohou být opatřeny povrchovou úpravou. Vzhledem k tématu práce jsou povrchové úpravy (především povlakovými systémy) uvedeny jako samostatná skupina materiálů specifických vlastností.

### 2.1.2 Povrchové úpravy materiálů

Povrchovou úpravou rozumíme modifikaci povrchu, která vede ke zlepšení vlastností materiálů. Při volbě povrchové úpravy se přihlíží k účelu použití výrobku, k materiálové skladbě, konstrukčnímu řešení, technologickému režimu výroby a k účelu povrchové úpravy.

Druhy a funkce povrchových úprav materiálů:

Podle účelu použití se povrchové úpravy rozdělují na tři základní skupiny, které se však mohou vzájemně prolínat.

- *Povrchové úpravy ochranné:* určené především k ochraně materiálu proti škodlivým vlivům (klimatické činitele, chemické a elektrochemické prostředí, biotické vlivy, apod.).
- *Povrchové úpravy dekorativní:* určené především k zabezpečení složek estetického vzhledu (barevný odstín, lesk, dekorativní vzor apod.).
- *Povrchové úpravy speciální:* dosahujeme jimi u materiálu především zlepšení vlastností (tvrdost povrchu, odolnost povrchu proti opotřebení, odolnost proti vysokým teplotám, požadovaná elektrická vodivost, výměna tepla nebo chladu, apod.).

Podle funkce se povrchové úpravy dělí:

- Povrchové úpravy izolující málo odolný materiál od znehodnocujícího prostředí.
- Povrchové úpravy chránící málo odolný materiál elektrochemickým účinkem.
- Povrchové úpravy chránící málo odolný materiál proti mechanickým vlivům.
- Povrchové úpravy se specifickou funkcí (signalizační, protipožární).

Dalším významným rozdělením je rámcové členění podle chemické podstaty:

- Anorganické povlaky.
- Kovové a slitinové povlaky.
- Kompozitní povlaky.
- Organické povlaky (nátěry – nátěrové systémy).

Organické povlaky tvoří velmi významnou skupinou oblast povrchových úprav a protože jsou součástí tématu bakalářské práce, bude jim v další části věnována zvýšená pozornost [3].

## **2.2 Nátěrové systémy**

Nátěrové systémy (organické povlaky) patří mezi nejvýznamnější povrchové úpravy. Podíl technologií zhotovování organických povlaků na celkovém vytváření povlaků a povlakových systémů povrchových úprav je odhadován na 90 % [3].

## **2.3 Nátěrové hmoty a nátěry**

Nátěrové hmoty jsou všechny hmoty, jejichž hlavní součástí jsou filmotvorné látky a které se nanášejí v tekutém, těstovitém nebo v práškovitém stavu na předmět, aby se na něm vytvořil souvislý nátěr požadovaných vlastností. Vhodnou kombinací jednotlivých nátěrů se zhotovuje nátěrový systém. V širším slova smyslu mezi složky nátěrového systému řadíme nejen vhodnou kombinaci nátěrů, ale též podsystémy technologie zhotovování, kontroly jakosti, renovace aj. [1].

### **2.3.1 Dělení nátěrových hmot**

Nátěrové hmoty představují velmi rozsáhlý sortiment výrobků s širokými možnostmi použití. Pro lepší orientaci jsou tříděny do skupin se stejnými nebo podobnými vlastnostmi, eventuálně podle dalších hledisek.

#### **2.3.1.1 Podle chemického složení**

Chemické složení je při dělení nátěrových hmot posuzováno jednak podle základní filmotvorné báze, jednak podle rozpouštědla (dispergačního prostředí).

Podle složení základní pojídkové složky se dělí nátěrové hmoty na asfaltové, celulózové, polyesterové, olejové, alkydové, chlórkaučukové, epoxidové, polyuretanové, silikonové aj.

Podle použitého rozpouštědla (dispergačního prostředí) se dělí nátěrové hmoty na dvě základní skupiny:

- *Rozpouštědlové:* zahrnující především směsi organických rozpouštědel.
- *Vodou ředitelné:* což je nesprávné označení pro nátěrové hmoty dispergovatelné ve vodě, např. nátěrové hmoty na bázi akrylátových disperzí.

### **2.3.1.2 Podle obsahu pigmentu a plniv**

- *Transparentní nátěrové hmoty:* jsou směsi pojidel (filmotvorných složek) bez obsahu pigmentu a plniv, vytvářejí průhledný až průsvitný nátěrový film, který může být bezbarvý nebo transparentně obarvený rozpouštěným barvivem. Výjimku tvoří asfaltové laky, které dávají neprůhledný, v tenké vrstvě hnědě prosvítající film. Do skupiny transparentních nátěrových hmot řadíme fermeže úsporné (napouštěcí), syntetická napouštědla, laky a emulze.
- *Pigmentované nátěrové hmoty:* jsou směsi pojidel (filmotvorných složek), ve kterých jsou jemně dispergovány pigmenty, plnidla, eventuálně další přídatné látky. Po zaschnutí vytvářejí neprůhledné lesklé až matné nátěrové hmoty s různým stupněm kryvosti a barevného odstínu. Složení pojidel pro jednotlivé typy nátěrových hmot je obdobné jako u laků. Podle obsahu pigmentu a plniv se pigmentované nátěrové hmoty dělí na emaily, barvy, tmely a plniče.

### **2.3.1.3 Podle pořadí nanášení jednotlivých nátěrů**

- *Napouštěcí:* používají se k napouštění savých podkladů (např. dřeva, zdiva, papíru, textilu, betonu apod.).
- *Základní:* používají se pro první nátěr napuštěného podkladu nebo případně první vrstvu obnovovacího nátěru.
- *Vyrovnávací:* používají se pro vyrovnání povrchu podkladu i tmelových vrstev.
- *Podkladové:* používají se jako vrchní vrstva pro nátěr.
- *Vrchní:* používají se jako poslední vrstva v nátěrovém systému.

### **2.3.1.4 Podle způsobu zasychání nátěru**

- *Zasychající fyzikálními pochody:* zasychání probíhá odpařením rozpouštědel nebo ztuhnutím hmoty, která byla před použitím roztavena. Při tvorbě filmu se filmotvorná složka chemicky nemění.
- *Zasychající chemickými pochody:* při tvorbě filmu probíhají chemické pochody (např. oxidace, polymerace, polykondenzace, polyadice apod.), při kterých se z původních nízkomolekulárních látek stávají vysokomolekulární. Patří sem např. fermeže, bezrozpouštědlové nátěrové hmoty apod.
- *Zasychající fyzikálními i chemickými pochody:* film vzniká odpařením rozpouštědel a chemickou reakcí. Patří sem nátěrové hmoty např. epoxidové, polyuretanové apod.

### **2.3.1.5 Podle způsobu sušení a vytvrzování**

- *Zasychající na vzduchu:* zasychají za normálních podmínek okolního prostředí.
- *Vypalovací:* vytvářejí nátěr za zvýšené teploty chemickou reakcí.
- *Vytvrzované jinými způsoby:* vytvářejí nátěr působením záření (UV, IR, apod.).

#### **2.3.1.6 Podle počtu složek**

Běžné označení jednosložkové nebo dvousložkové nátěrové hmoty (často označované jako 1-K (jednokomponentní) a 2-K (dvoukomponentní)).

- *Jednosložkové:* nepotřebují k zasychání nebo vytvrzení další složku.
- *Dvousložkové:* potřebují k zasychání nebo vytvrzení další složku, která se podle typu nátěrové hmoty označuje jako tužidlo, katalyzátor nebo iniciátor.

#### **2.3.1.7 Podle způsobu nanášení**

Některé způsoby nanášení vyžadují zvláštní složení nátěrových hmot nebo ředidel. Podle toho se dělí na nátěrové hmoty k nanášení štětcem, stříkáním, clonováním, máčením, válečkováním, elektrochemickým nanášením apod.

#### **2.3.1.8 Podle odolnosti nátěrů**

- *Vnitřní:* nátěrové hmoty pro vytváření nátěrů v interiérech.
- *Venkovní:* nátěrové hmoty pro venkovní použití, odolné atmosférickým vlivům, především slunečnímu záření a vlhkosti.
- *Speciální:* nátěrové hmoty pro vytváření chemicky odolných nátěrů, nátěrů pro vysoké teploty, odolné vůči abrazi, elektroizolační nebo elektrovodivé nátěry, teplosměnné apod.

#### **2.3.1.9 Podle účelu použití**

- Na kovové konstrukce (mosty, stavební konstrukce apod.).
- Na dřevo: nábytek, stavebně truhlářské výrobky- okna, dveře apod.
- Na omítky, beton apod.
- Na kůži.
- Elektroizolační viz 2.3.1.8 [1,2,3].

### **2.3.2 Složky nátěrových hmot**

Nátěrová hmota se skládá z řady složek, které mohou být kapalné, polotuhé a tuhé látky nebo jejich směsi, roztoky, disperze apod.

Tyto složky rozdělujeme na:

#### **2.3.2.1 Pojidla**

Pojidla jsou roztoky nebo disperze filmotvorných látek.

Filmotvorné složky:

- *Vysychavé oleje*: mají v chemické struktuře nenasycené vazby, které se slučují se vzdušným kyslíkem a přeměňují v tuhý povrch s odlišnými vlastnostmi než původní olej. Na této vlastnosti je založeno zasychání fermežových, olejových a některých syntetických nátěrových hmot. Příkladem jsou olej lněný, dřevný, oiticica.
- *Polovysychavé oleje*: zasychají v tenkém filmu pomaleji, vzniklý nátěr je elastický a neprotvrdá. Příkladem je sójový olej.
- *Nevysychavé oleje*: zůstávají v nátěrovém filmu stále lepivé. Patří sem ricinový a kokosový olej.
- *Pryskyřice přírodní*: používají se v lakařské výrobě a pro výrobu některých typů lihových, olejových nitrocelulózových nátěrových hmot. Nejvýznamnější je kalafuna, dále sem patří různé druhy kopálů, sandaraku, damara, šelak apod.
- *Pryskyřice syntetické*: tvoří hlavní složku většiny nátěrových hmot.
- *Asfalty a smoly*: přírodní i umělé asfalty se svařují s vysychavými oleji a používají se pro přípravu asfaltových, epoxidehtových a jiných typů nátěrů.
- *Zvláčňovadla*: látky, které dávají nátěrovým filmům vyšší vláčnost, snižují křehkost a sklon k tvoření trhlin.
- *Sušidla*: jsou to v podstatě pryskyřičná mýdla, oleáty, naftenáty a oktoáty olova, manganu, kobaltu rozpuštěné v organických rozpouštědlech. Kovy působí jako katalyzátory oxidace a urychlují zasychání nátěrových hmot.

Těkavé složky:

- *Rozpouštědla*: jsou to organické kapaliny, které se používají k rozpouštění filmotvorných látek. Jsou voleny tak, aby koncová konzistence nátěrové hmoty byla vhodná k nanášení a vytvoření souvislého, hladkého a stejnoměrného filmu bez povrchové struktury. Rozpouštědla dělíme na pravá rozpouštědla, která rozpouštějí přímo filmotvornou látku a nepravá rozpouštědla, která rozpouštějí filmotvornou látku ve směsi s pravými rozpouštědly a upravují rychlost vytěkání při zasychání nátěru.
- *Ředidla*: slouží k ředění nátěrových hmot před jejich použitím podle druhu jejich aplikace.

### 2.3.2.2 Pigmenty

Barevné prášky, dodávající nátěru požadovaný barevný odstín, kryvost, odolnost proti korozi apod. Pigmenty nesmí být rozpustné ve vodě, organických rozpouštědlech a pojidlech, ve kterých jsou dispergovány. Musí být dokonale jemné a mít vysokou kryvost.

- *Anorganické pigmenty*: patří sem titanová běloba, zinková běloba, chromová žlutá, oranž a zeleň, saze, grafit apod.
- *Organické pigmenty*: velmi vydatné, většinou mají vysokou kryvost.
- *Kovové pigmenty*: nejčastěji se používají jemně rozemleté kovy (hliník, měď, zinek).

### **2.3.2.3 Plnidla**

Nerozpustné práškovité přísady, které dávají nátěrovým hmotám další funkční a technologické vlastnosti. Plnidla musí být velmi jemná a dobře dispergovaná v pojidle. Zvyšují v nátěrové hmotě obsah sušiny, zlepšují odolnost proti korozi, proti usazování a hoření. Patří sem křída, kaolin, mastek, živec, vápenec apod.

### **2.3.2.4 Barviva**

Organické sloučeniny, které jsou rozpustné v pojidlech. Používají se k výrobě obarvených laků, které dávají průhledný film pestrých barevných odstínů a k dosažení určitého barevného odstínu barev společně s pigmentem [2].

## **2.3.3 Označování nátěrových hmot**

Značení nátěrových hmot se provádí pomocí systému, který zahrnuje:

- Písmenné označení nátěrové hmoty.
- Za písmenem čtyřmístné číslo, jehož číslice udává druh nátěrové hmoty.
- Lomítkem .
- Za lomítkem čtyřmístné číslo označující barevný odstín.

Nátěrové hmoty označované počátečním písmenem skupiny, která označuje základní surovinovou bázi výrobku:

- A – asfaltové
- B – polyesterové
- C – celulózové
- E – práškové
- H – chlorkaučukové
- K – silikonové
- L – lihové
- O – olejové
- S – syntetické
- U – polyuretanové
- V – vodou ředitelné
- P – pomocné prostředky

Druh významných nátěrových hmot udává čtyřmístné číslo:

- 1000 laky, fermeže, napouštědla
- 2000 nátěrové hmoty pigmentové
- 5000 tmely
- 6000 ředidla
- 7000 tužidla, katalyzátory, iniciátory
- 8000 pomocné přísady

Při značení barevných odstínů podle české normy udává první číslice barevný tón, další číslice sytost odstínu:

- 0000 až 0999 bezbarvé
- 1000 až 1999 šedé (bílé až černé)
- 2000 až 2999 hnědé
- 3000 až 3999 fialové
- 4000 až 4999 modré
- 5000 až 5999 zelené
- 6000 až 6999 žluté a okrové
- 7000 až 7999 oranžové
- 8000 až 8999 červené
- 9000 až 9999 ostatní (hliníkové)

Označování barevných odstínů podle značně rozšířené vzorkovnice RAL je od českého systému odlišné a představuje několikanásobně větší množství barevných odstínů než vzorkovnice podle ČSN:

- 1000 až 1999 žluté, okrové
- 2000 až 2999 oranžové
- 3000 až 3999 červené
- 4000 až 4999 fialové
- 5000 až 5999 modré
- 6000 až 6999 zelené
- 7000 až 7999 šedé
- 8000 až 8999 hnědé
- 9000 až 9999 bílé, černé

Tam, kde nelze dodržet spolehlivě barevný odstín nebo kde není ani přesné dodržení účelné např. u podkladových a základních barev nebo u tmelů, je přibližný odstín označen čtyřmístným číslem začínajícím nulou. Druhá číslice vyjadřuje barevný tón výše uvedeného rozdělení a další číslice vyjadřují podobnost s číslem barevného odstínu ve vzorkovnici [3].

## **2.4 Polyuretanové nátěrové hmoty**

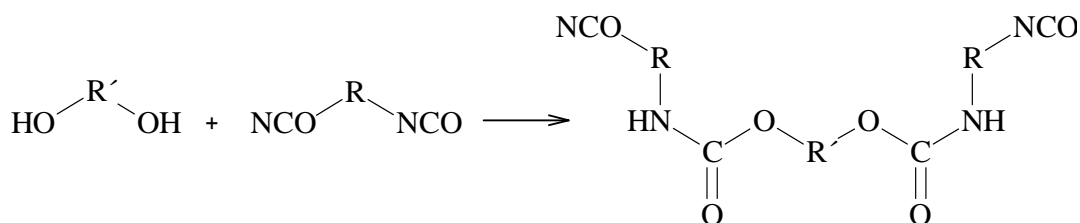
Polyuretanové nátěrové hmoty rozdělujeme na jednosložkové a dvousložkové, které se používají častěji. Vytváří nátěrový film při normální teplotě tvorbou chemicky zesíťovaného filmu. Všechny polyuretanové nátěrové hmoty se vyznačují dobrou adhezí, vysokou odolností proti otěru, trvalou elasticitou, dobrou odolností proti vodě, v obecné rovině proti účinkům rozpouštědel a olejů, chemikáliím a výbornými elektroizolačními vlastnostmi.

V této práci se testovala chemická odolnost polyuretanových nátěrových hmot z hlediska vybraných rozpouštědel [10, 4].

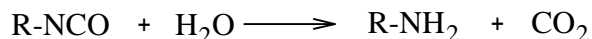
### 2.4.1 Jednosložkové polyuretanové nátěrové hmoty

Jsou to polurethanové nátěrové hmoty vytvrzované vzdušnou vlhkostí za vzniku chemicky zesíťovaného filmu. Pojivem jednosložkových polyuretanových hmot je polyisokyanát-polyuretanový adukt terminovaný izokyanátovými skupinami. Připravuje se zpravidla reakcí lineárního nebo mírně rozvětveného polyolu s izokyanátem.

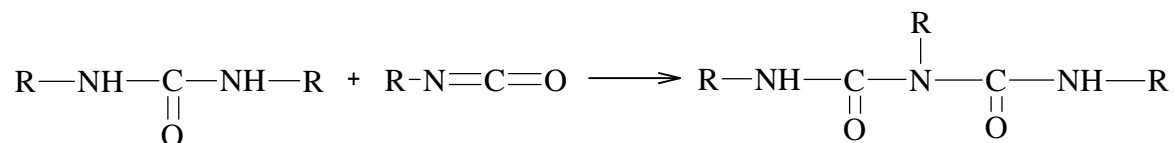
- Příprava předpolymeru



- Připravený polyisokyanát reaguje s vodou za vzniku aminu



- Vzniklý amin reaguje s izokyanátovými skupinami za vzniku polymočovinových polymerů tvorby biuretu



Při vytvrzovací reakci vznikající oxid uhličitý a rozpouštědla odtěkají. Jednosložkové polyuretanové nátěrové hmoty se v praxi používají v menší míře než dvousložkové, pouze ve speciálních případech [10].



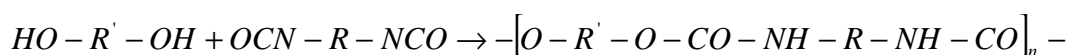
## 2.4.2 Dvousložkové polyuretanové nátěrové hmoty

Dvousložkové polyuretanové nátěrové hmoty se skládají z polyizokyanátové pryskyřice, označované jako tužidlo a složky obsahující hydroxylové skupiny. Dále nátěrová hmota může obsahovat aditiva, urychlovače vytvrzení apod. Obě dvě složky se před použitím mísí v poměru doporučeném výrobcem. Pigmentové nátěrové hmoty je nutné předem dobře rozmíchat. Doba zpracovatelnosti směsi je závislá na druhu výrobku, stupni ředění a okolní teplotě.

Základní reakcí při tvorbě filmu je reakce mezi izokyanátovou skupinou a hydroxylovou skupinou:

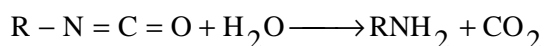


K tvorbě filmu se nikdy nepoužívá monofunkčních izokyanátů a monofunkčních alkoholů. Diisokyanáty a dioly vytvářejí polyuretany.

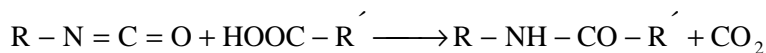


Konkurenční nežádoucí reakce

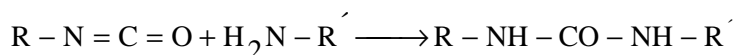
- Reakcí izokyanátu s vodou vzniká amin a  $CO_2$



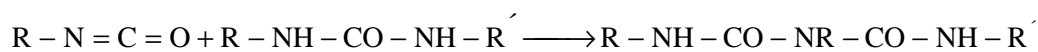
- S kyselinami tvoří izokyanáty substituované amidy a  $CO_2$



- S aminy reagují izokyanáty velmi rychle na substituované močoviny



Za určitých podmínek může i další izokyanát reagovat se substituovanou močovinou za vzniku biuretu



Uvedené konkurenční reakce přicházejí nejčastěji v úvahu při nesprávné aplikaci dvousložkových polyuretanových nátěrových hmot.

Za normálních podmínek je při aplikaci dvousložkových polyuretanových nátěrových hmot výsledným produktem filmotvorného procesu komplikovaný směsný polyadukt. Větší část isokyanátových skupin se spotřebuje na uretanové vazby, zbývající skupiny na ostatní reakce.

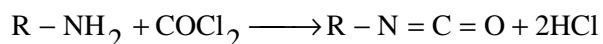
Podle chemické struktury monomerů řadíme polyisokyanáty do dvou základních skupin:

- Polyisokyanáty, jejichž  $\text{--N=C=O}$  skupina je vázána na aromatickém jádře, dávají nátěrové filmy žloutnoucí na slunečním světle a mají horší odolnost na povětrnosti.

Alifatické polyisokyanáty, z kterých vznikají nežloutnoucí nátěry s vynikajícím leskem a odolností na sluneční záření.

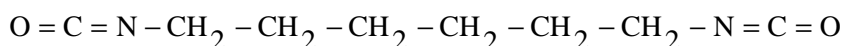
Ostatní vlastnosti typické pro polyuretany (tvrdost, odolnost proti otěru, rozpouštědlům a agresivním látkám) jsou pro obě skupiny společné.

Polyisokyanáty se technicky vyrábějí jen reakcí fosgenu s příslušným polyaminem

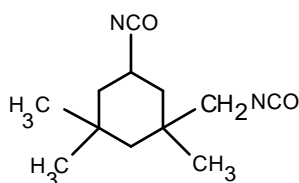


Nejdůležitější polyisokyanáty používanými v nátěrových hmotách jsou:

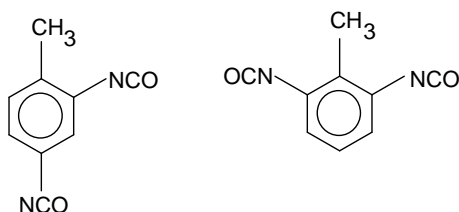
- *Hexamethyldiisokyanát*: tento alifatický diisokyanát reaguje pomaleji nežli aromatické polyisokyanáty, dává však stabilní produkty a vytváří málo vedlejších reakcí. Je používán především pro svou světlost.



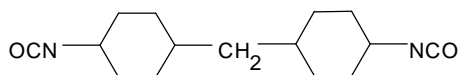
- *Isoforondiisokyanát (IPDI)*, *3,5,5-trimethyl-3-isokyanátomethylcyklohexylisokyanát*: Je odolný vůči chemickému záření. Využívá se především v lakařském odvětví.



- *Toluyldiisokyanát (TDI)*: Technicky nejdůležitější diisokyanát. Velmi levný, používá se pro výrobu pěnových hmot a jako meziprodukt pro polymery. Nevýhodou je snadná oxidačně destruktivní reakce a žloutnutí vytvrzených nátěrových filmů. Směsi izomerů 2,4- a 2,6-

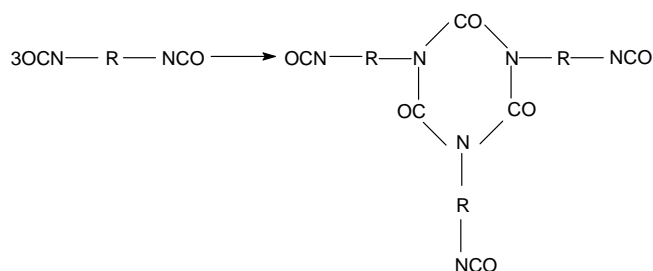


- **4,4-dicyklohexylmethandiisokyanát:** Má velmi nízkou tenzi par. Je využíván při výrobě bezrozpuštědlových šterkových hmot a tmelů.



#### 2.4.2.1 Příklad polymerace – tvorba trimeru

Takto vzniklé triisokyanáty se obvykle dodávají v roztocích (60 – 80%) ve směsi ethylacetát/xylen, nebo v ethylenglykolmonoethyletheracetátu. Obsahují méně než 0,5 % volného diisokyanátu. Jsou používány pro lepidla a nátěrové hmoty.



#### 2.4.2.2 Příklad kondenzačních reakcí

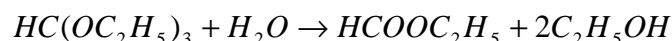
Monomerní hexamethylenendiisokyanát je pro přímé použití příliš toxický a málo reaktivní. Použití má ve formě biuretu



Při skladování a transportu polyuretanových nátěrových hmot by neměla teplota klesnout pod +15°C, protože všechny polyisokyanáty mají tendenci krystalizovat. Při výrobě nátěrových hmot mohou být izokyanáty opatrným zahřátím zkapalněny. Musíme však počítat se změnou kvality. Horní hranice skladovací teploty je 25°C.

#### 2.4.2.3 Látky vázající vodu

U polyuretanových nátěrových hmot je nutné v receptuře používat přísady, které jsou schopné vázat v reakčních komponentách zbytky vody. Tím se zabrání tvorbě bublinek vlivem vývoje plynu. Látky musí být vysoce účinné, snášenlivé se všemi složkami, nesmí ovlivňovat vytvrzovací proces, musí mít vysokou skladovatelnost, jednoduchou aplikovatelnost a nízkou cenu. Pro nepigmentované nátěrové hmoty je vhodný ortoester kyseliny mravenčí, který reaguje s vodou.



U pigmentovaných nátěrových hmot je možné použít anorganické látky schopné vázat vodu. (např. zeolity).

#### 2.4.2.4 Změkčovadla

U polyuretanových nátěrových hmot je řada možností, jak zvládnout vznikající nátěrový film, ale ve specifických případech je nutné použít vnější změkčovadla. Po použití změkčovadel se zhoršují mechanické vlastnosti nátěrových hmot. Běžně používané změkčovadla jsou dibutylftalát nebo tris(2-ethylhexyl)fosfát [10].

#### 2.4.2.5 Katalyzátory

Reakční rychlost tvorby nátěrového systému je závislá především na reakční teplotě a reaktivitě výchozích složek, ale nechá se ovlivnit i určitými katalyzátory. Tři známé skupiny významných katalyzátorů:

- *Terciární aminy:* Aminové katalyzátory mají určité nevýhody. Velmi často nepříznivě páchnou a podporují zpětný rozpad vytvořeného polymeru. Nejběžnější aminové urychlovače jsou dimethylcyklohexylamin, triethylamin a dimethylethanolamin.
- *Alkalické substance:* Alkalické látky velmi silně urychlují izokyanátovou adici. Z alkalických látek se jako katalyzátory používají fenoláty alkalických kovů, alkalických solí organických kyselin nebo hydroxidů alkalických kovů. Tyto látky se používají v kombinaci s terciálními aminy.
- *Organokovové sloučeniny:* Téměř všechny organokovové sloučeniny katalyzují reakci izokyanátových skupin. V praxi se používá především organocínitých sloučenin jako je dibutylcínildaurát, ale také i solí dvojmocného cínu, jako je oktoát cínatý. Sloučeniny cínu urychlují velmi silně reakci isokyanátů s polyalkoholy a méně katalyzují reakci s vodou. Nevýhodou je jejich snadná hydrolyzovatelnost a rovněž i podporují rozpad polymerů. Účinek sloučenin cínu se dá ještě synergicky zvýšit pomocí terciálních aminů.

#### 2.4.2.6 Pigmenty a plnidla

K pigmentaci polyuretanových nátěrových hmot je možné používat velké množství pigmentů i rozpustných organických barviv. Je nutné počítat s tím, že určité pigmenty bazicky reagují nebo obsahují rozpustné kovové sloučeniny a tím katalyticky urychlují vytvrzovací reakci. Zkrácení doby zpracovatelnosti nátěrové hmoty mohou způsobit např. zinková běloba, suřík, kyanamid olovnatý, chromové pigmenty, berlínská modř, saze. Do antikoročních barev bývají používány chromany a fosfáty zinku a olova, zinkový prach, oxidy železa, hliníková bronz, železitá slída. Jako plnidla se používají těživec, talek, slída, křemelina, křída, břidličná moučka apod.

#### 2.4.2.7 Toxicita polyuretanových nátěrových hmot

Polyhydroxylová složka je fyziologicky bezvýznamná, pokud se nedostane do zažívacího ústrojí. Aminy používané jako katalyzátory se mohou do těla dostávat vdechováním pracovní atmosféry. Tím mohou způsobit změny složení krve, mají i karcinogenní účinky.

Isokyanátová složka označovaná jako tužidlo reaguje za pokojové teploty se všemi sloučeninami, které jsou nositeli aktivního vodíku, tedy také se všemi částmi těla. Tyto

dráždivé účinky se projevují na kůži alergiemi a dermatózami [10].

#### **2.4.2.8 Aplikace polyuretanových nátěrových hmot**

Použití polyuretanových nátěrových hmot je velmi rozmanité. Používají se pro chemicky náročná prostředí, na nátěry sportovního nářadí, nátěry parket, tělocvičen, plastů, dopravních prostředků, lodí, letadel apod. Tam kde se vyžaduje skutečně vysoká odolnost, je nutné použít izokyanátu v přebytku proti teorii. Pro prostředí studené nebo vařící vody se doporučuje kombinace s plastifikovanými fenolickými pryskyřicemi. Pro nátěry, od kterých se vyžaduje vláčnost, se používá dávkování izokyanátů v polovičním množství proti teorii.

Odolnost polyuretanových nátěrových hmot proti chemickým látkám se považuje obecně za velmi vysokou [8].

Vzhledem k tématu bakalářské práce je věnována pozornost vedle polyuretanových nátěrových hmot, ještě podsystemu znehodnocujícího prostředí a to organickým rozpouštědlům. Odolnost PUR proti působení rozpouštědel je různá a závisí na jejich složení. Síťované polymery jsou proti působení rozpouštědel odolnější než polymery s lineární strukturou [9].

## **2.5 Rozpouštědla**

Rozpouštědla je třeba z pohledu provedené práce chápat ze dvou hledisek: Především rozpouštědla tvoří významnou součást skupiny rozpouštědlových nátěrových hmot. Rozpouštědla je nutné ale v korozním systému posuzovat též jako podsystem korozního prostředí.

Rozpouštědla tvoří v nátěrových hmotách značný podíl dosahující až 60 % z celkové hmotnosti převážné většiny nátěrových hmot. Účelem rozpouštědla (obvykle směsi rozpouštědel) je převést filmotvornou látku do formy vhodné pro vlastní použití, tj. do roztoku. Roztok můžeme definovat jako směs dvou či více substancí, která má jednotné chemické a fyzikální vlastnosti v celém svém objemu. U každého roztoku existují aspoň dvě složky – rozpouštědlo a rozpuštěná látka. Podle konvence označujeme složku, která je v přebytku jako rozpouštědlo a látku, která je přítomna v menším množství jako rozpuštěnou látku.

Nejdůležitější a cenově nejdostupnější rozpouštědlo je voda.

Organická rozpouštědla se v průmyslu nátěrových hmot používají vedle k rozpouštění filmotvorných látek a dále k ředění nátěrových hmot na konzistenci umožňující jejich vlastní nanesení na daný povrch. Dále se rozpouštědla používají k výrobě odstraňovačů starých nátěrů, k odmašťování a čištění povrchů před vlastním nanášením nátěrové hmoty.

### 2.5.1 Charakteristika rozpouštědel

Rozpouštědlo musí splňovat řadu požadavků kladených na danou nátěrovou hmotu, její výrobu a aplikaci. Pro výběr vhodného rozpouštědla je nutné znát určité charakteristické vlastnosti rozpouštědel. Mezi nejdůležitější technologické vlastnosti patří:

- rozpouštěcí síla
- těkavost
- stabilita
- toxicita
- hořlavost
- barva

### 2.5.2 Klasifikace rozpouštědel

Podle chemického složení můžeme rozpouštědla rozdělit na:

- alifatické uhlovodíky (např. benzin extrakční, benzin lakový atd.)
- aromatické uhlovodíky (např. toluen, xylén)
- chlorované uhlovodíky (např. dichlorethan, chlorbenzen)
- nitroparafiny (např. nitroethan, nitropropan)
- alkoholy (např. ethylalkohol, butylalkohol)
- ketony (např. aceton, cyklohexanon)
- estery (např. ethylacetát, butylacetát)
- glykoletery (např. ethylglykol, butylglykol, ethylenglykol)
- acetaly (např. methylal, 1,3-dioxolan)

Podle teploty bodu varu lze rozpouštědla rozdělit na:

- nízko vroucí – s bodem varu do 100°C
- středně vroucí – s bodem varu 100 – 150°C
- vysoko vroucí – s bodem varu nad 150°C

Podle odpařivosti (číslo odpařivosti eteru = 1) lze rozpouštědla rozdělit na:

- snadno těkavá – číslo odpařivosti pod 8
- středně těkavá – číslo odpařivosti 8 – 15
- pomalu těkavá – číslo odpařivosti 15 – 50
- těžce těkavá – číslo odpařivosti přes 50

Podle polarit y lze rozpouštědla rozdělit na:

- polární – např. voda, alkoholy, ketony, estery, atd.
- nepolární – např. alifatické uhlovodíky, atd.

Podle charakteru jejich působení na filmotvorné látky lze rozpouštědla rozdělit na:

- pravá (aktivní) rozpouštědla – sama přímo rozpouštějí určitou filmotvornou látku
- nepravá (latentní) rozpouštědla – sama určitou filmotvornou látku sice nerozpouštějí, ale jsou schopná ji rozpouštět ve směsi s pravými rozpouštědly, výrazně upravují rychlost tékání směsi rozpouštědel z nátěrové hmoty při tvorbě nátěru.
- ředidla – jsou určena k dodatečnému ředění nátěrových hmot před jejich použitím. Nemusí rozpouštět danou filmotvornou látku, ale musí být schopná snižovat viskozitu nátěrové hmoty bez vysrážení filmotvorné látky na konzistenci pro danou aplikaci [1].

### 2.5.3 Organická rozpouštědla používaná v oblasti nátěrových hmot

#### 2.5.3.1 Uhlovodíky

Uhlovodíky patří k nepolárním či slabě polárním hydrofobním sloučeninám používaným v mnoha rozpouštědlech pro nepolární či slabě polární materiály (oleje, tuky, estery celulózy, asfalty apod.) a také v ředidlech pro nitrocelulóзовé nátěrové hmoty.

- *Alifatické uhlovodíky:* Patří sem zejména parafinické uhlovodíky, u nichž jsou vždy dva atomy uhlíku vázány jednou jednoduchou vazbou (ethan, propan, butan). Parafiny jsou přítomny v ropě. Obecný sumární vzorec parafinů je  $C_nH_{2n+2}$ . Tato homologická řada se vyznačuje velice podobnými chemickými vlastnostmi a stupňováním fyzikálních vlastností. Nižší členy parafinické řady (do  $C_5H_{12}$ ) jsou za normálních podmínek plyny,  $C_6H_{14}$  až  $C_{16}H_{34}$  jsou kapaliny s postupně stoupajícím bodem varu. Od  $C_{17}H_{36}$  dále jsou to měkké pevné látky se stoupajícím bodem měknutí. Mezi nejznámější rozpouštědla v průmyslu nátěrových hmot z této skupiny patří extrakční benzin, lakový benzin, petrolej a petrolejové frakce.
- *Aromatické uhlovodíky:* Ze všech uhlovodíkových rozpouštědel mají aromatické uhlovodíky nejvyšší rozpouštěcí schopnost. Získávají se z lehkého oleje vznikajícího při suché destilaci černouhelného dehtu nebo z produktů pyrolýzy ropy. Široce se používají jednak jako rozpouštědla ve výrobě nátěrových hmot na bázi kondenzovaných pryskyřic (alkydových, epoxidových apod.) i jako ředidla ostatních typů nátěrových hmot. Patří sem například benzen, toluen, xylen, solventní nafta, isopropylbenzen [1].

#### 2.5.3.2 Alkoholy

Jedna z nejdůležitějších skupin průmyslových rozpouštědel, které jsou charakterizovány přítomností hydroxylové skupiny -OH. Představují skupinu polárních hydrofilních sloučenin. Molekuly alkoholů se díky přitažlivým silám mohou sdružovat do větších celků a proto mají vyšší bod varu, z čehož vyplývá nízká tenze par i vysoký bod vzplanutí. Rozpouštěcí schopnost alkoholů pro většinu filmotvorných látek je omezená. Velice dobře rozpouští přírodní pryskyřice. Alkoholy většinou nerozpouštějí polymery o vyšší molekulové

hmotnosti. Často se však používají v rozpouštědlových směsích pro snížení viskozity. Příkladem jsou: methylalkohol, ethylalkohol, propylalkohol a izopropylalkohol, cyklohexanol, glykolethery apod. [1].

#### **2.5.3.3 Ketony**

Tvoří důležitou skupinu rozpouštědel, protože rozpouští většinu makromolekulárních látek. Přítomnost skupiny  $\text{C=O}$  činí ketony chemicky reaktivní vůči některým sloučeninám. Příčina dobré rozpouštěcí schopnosti ketonů je tvorba poměrně silných vodíkových můstků. Z fyziologického hlediska jsou ketony poměrně nebezpečné látky, dráždí nosní sliznice, způsobují bolest hlavy a srdeční potíže. Ketony jsou aktivní rozpouštědla derivátů celulózy, olejů, vinylových a dalších pryskyřic. Cyklické ketony jsou méně účinné. Patří sem například aceton, methylethylketon, cyklohexanon, isobutylmethylketon, methylcyklohexanon [1,10].

#### **2.5.3.4 Estery**

Patří mezi nejlepší a nejpoužívanější rozpouštědla pro nátěrové hmoty. Vyrábí se esterifikací kyseliny s alkoholem. Po fyziologické stránce jsou poměrně neškodné, dlouhodobé vdechování způsobuje bolest hlavy a narkotické potíže. Patří sem ethylacetát, propylacetát a isopropylacetát, butylacetát.

#### **2.5.3.5 Glykoletery**

Jsou odvozeny od glykolů, tj. od alkoholů obsahujících dvě hydroxylové skupiny. Jsou to bezbarvé sloučeniny středně silného zápachu. Jsou mísitelné s většinou kapalin. Tato široká rozpustnost je způsobena přítomností hydroxylové, eterické a alkylové skupiny v molekule. Jsou to aktivní účinná rozpouštědla esterů celulózy, pryskyřic a olejů. Hlavní jejich použití je pro vodu ředitelné a ve vodě rozpustné nátěrové hmoty. Patří sem: methylglykol, ethylglykol, propylglykol, butylglykol, ethylenglykoldimethyleter, apod. [1].

#### **2.5.3.6 Acetaly**

Jedná se o lineární nebo cyklické sloučeniny. Mají široké průmyslové využití v kosmetice, farmacii, v chemických výrobcích v oblasti katalýzy, v nátěrových hmotách a aerosolech. Mají nízkou viskozitu, vysokou rozpouštěcí schopnost, vysokou stabilitu v širokém rozmezí pH (4 - 14). Mají použití pro nátěry vytvrzované UV zářením. Jsou netoxické a ekologicky nezávadné.

Acetaly vznikají vratnou reakcí aldehydů a ketonů s alkoholy za kyselé katalýzy. Reakce probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku je keton atakován alkoholem a vytvoří se málo stabilní hemiacetal. V druhém kroku získává hydroxylová skupina hemiacetalu proton, odštěpuje se voda a vzniká karbokation, na který se okamžitě navazuje molekula alkoholu. Ztrátou protonu z navázaného alkoholu vzniká acetal, který je stabilní. Po skončení reakce dochází k hydrolýze, aby se odstranila voda z reakční směsi.

Patří sem methylal, ethylal, butylal, 1,3dioxolan, glycerolformal a další.



### 3 PRAKTICKÁ ČÁST

Na základě získaných teoretických poznatků bylo přistoupeno, v souladu se zadáním práce, k experimentální části řešení. Přitom důraz byl kladen na obě složky sledovaného systému znehodnocování: polyuretanový nátěr a acetal.

#### 3.1 Použitý podkladový materiál

##### Sklo

V této práci byla použita bezbarvá zrcadlová skla o rozměrech 100 x 300 mm a tloušťce 3 mm se zabroušenými hranami. Skla byla odmaštěna alkalickým odmašťovacím přípravkem AQUARENG ředěným vodou v poměru 1 : 4 při laboratorní teplotě. Potom byla skla ještě dočištěna isopropylalkoholem.

Na suchá a vyčištěná skla byly nanášeny pomocí nanášecího pravítka polyuretanové nátěrové hmoty podle návodu od výrobce [11].

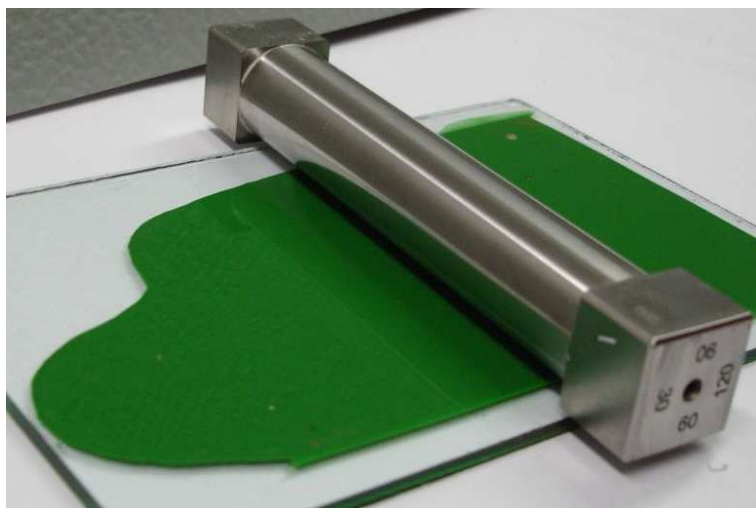
#### 3.2 Zhotovování zkušebních nátěrů

Pro práci bylo vybráno zhotovování nátěrů pomocí nanášecího pravítka.

Pro zhotovení nátěrů se používají nanášecí pravítka různých konstrukcí. Nejčastější je přesně opracovaný kovový váleček, excentricky umístěný mezi dvěma šestibokými hranoly tak, aby při položení na rovnou plochu vznikla mezi válcem a deskou štěrbina různých výšek (0,09 mm, 0,12 mm, 0,15 mm, 0,18 mm, 0,21 mm a 0,24 mm). Velikost štěrby je označena na boku pravítka. Méně používaná jsou krabicová nanášecí pravítka kulatá nebo hranatá, která mají v dolní části vyfrézovanou štěrbinu o určité výšce. Dále ještě existují speciální spirálová nanášecí pravítka na nanášení slabých vrstev na nerovné nebo tenké plechy.

Nanášecí pravítko s požadovanou štěrbinou se položí na skleněnou desku a před něj se nalije asi 5 ml požadované nátěrové hmoty. Pravítkem se po desce táhne rovnoměrně rychlostí asi 5 cm/s, přičemž vzorek nesmí podtéct pod patky pravítka. Zhotovený nátěr se musí nechat schnout ve vodorovné poloze.

Tloušťka mokrého nátěru je vždy menší než výška štěrby a je závislá na konzistenci nátěrové hmoty a rychlosti posunu pravítka. Tloušťka suchého nátěru závisí na obsahu netěkavých složek v nátěrové hmotě [2, 7].



Obr. 3.1 Nanášecí pravítko pro zhotovování nátěrů

### 3.3 Polyuretanový nátěrový systém

Na předem připravená skla byla pomocí nanášecího pravítka nanesena 3x polyuretanová nátěrová barva BICHODUR 2C DTM. Polyuretanový nátěrový systém byl tvořen jednou vrstvou základního nátěru a dvěma vrstvami vrchního nátěru.

#### Základní nátěr

Nátěrová hmota	BICHODUR 2C DTM Matt
Vzhled	matný
Tužidlo	Bichodur 2K DT Hardener 9280
Ředidlo	BICCS Ředidlo 102
Poměr báze a tužidla	6 : 1
Doba zpracovatelnosti (hod.)	4
Suchá tloušťka (μm)	50
Doba zasychání do dalšího nátěru (hod.)	24

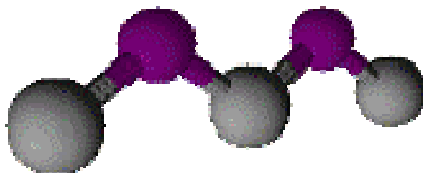
#### Vrchní nátěr

Nátěrová hmota	BICHODUR 2C DTM High gloss
Vzhled	vysoký lesk
Tužidlo	Bichodur 2K DT Hardener 9280
Ředidlo	BICCS Ředidlo 102, 103, 110, 105
Poměr báze a tužidla	4 : 1
Doba zpracovatelnosti (hod.)	3
Suchá tloušťka (μm)	40
Doba zasychání do dalšího nátěru (hod.)	24

Na tyto nátěry, které se sedm dní vytvrzovaly, byla aplikována rozpouštědla a provedlo se testování kvality nátěrů [12, 13].

### 3.4 Použitá rozpouštědla

#### 3.4.1 Methylal



Methylal nebo-li dimethoxymethan je rozpouštědlo s extrémně nízkou toxicitou. Je to bezbarvá kapalina, vysoce hořlavá. Je nealergenní, není mutagenní, karcinogenní, teratogenní. Má vynikající odmašťovací schopnost, mísitelná s vodou. Má vysokou rozpouštěcí schopnost [14].

*Tabulka 3.1 Základní vlastnosti rozpouštědla methylal*

Methylal	
Sumární vzorec	$C_3H_8O_2$
Molekulová hmotnost	76,08 g/mol
CAS	109-87-5
ES	203-714-2
Teplota tání	-104,8 °C
Teplota varu	42,03 °C
Teplota vznícení	2,6 °C
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	-18 °C
Hustota při 20°C	0,861 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	21,2 mN/m

#### 3.4.2 Ethylal



Ethylal nebo-li diethoxymethan je aprotické rozpouštědlo, mísitelný s vodou. Je toxický a dráždivý. Používá se v čisticích prostředcích [14].

Tabulka 3.2 Základní vlastnosti rozpouštědla ethylal

Ethylal	
Sumární vzorec	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>
Molekulová hmotnost	104,15 g/mol
CAS	462-95-3
ES	207-330-6
Teplota tání	-66 °C
Teplota varu	88 °C
Teplota vznícení	3,6 °C
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	-7 °C
Hustota při 20°C	0,830 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	21,26 mN/m

### 3.4.3 Propylal

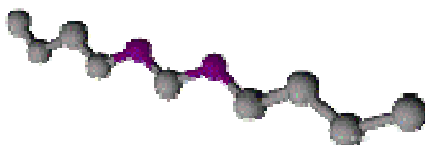


Jiným názvem dipropoxymethan. Je to bezbarvá kapalina, dobře mísitelná s vodou. Má dobré odmašťovací vlastnosti [14].

Tabulka 3.3 Základní vlastnosti rozpouštědla propylal

Propylal	
Sumární vzorec	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>
Molekulová hmotnost	132,2 g/mol
CAS	505-84-0
ES	208-021-9
Teplota tání	-97,3 °C
Teplota varu	137,4 °C
Teplota vznícení	-
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	26 °C
Hustota při 20°C	0,8338 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	23,43 mN/m

### 3.4.4 Butylal

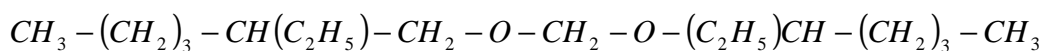


Jiným názvem dibutoxymethan. Bezbarvá kapalina, dobře mísitelná s vodou. Není karcinogenní, mutagenní ani teratogenní. Nezatěžuje životní prostředí [14].

Tabulka 3.4 Základní vlastnosti rozpouštědla butylal

Butylal	
Sumární vzorec	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
Molekulová hmotnost	160,26 g/mol
CAS	2568-90-3
ES	219-909-0
Teplota tání	-58,1 °C
Teplota varu	180,5 °C
Teplota vznícení	-
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	62 °C
Hustota při 20°C	0,8354 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	25,2 mN/m

### 3.4.5 2-Ethylhexylal



Tabulka 3.5 Základní vlastnosti rozpouštědla 2-Ethylhexylal

2-Ethylhexylal	
Sumární vzorec	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>
Molekulová hmotnost	272,4 g/mol
CAS	22174-70-5
ES	244815-1
Teplota tání	≤ -65 °C
Teplota varu	290,0 °C
Teplota vznícení	-
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	142 °C
Hustota při 20°C	0,8490 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	25,2 mN/m

### 3.4.6 TOU

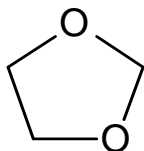
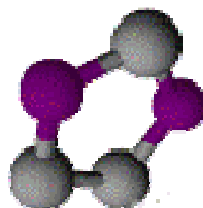


TOU nebo-li 2,5,7,10-tetraoxaundekan, je bezbarvé nehořlavé rozpouštědlo. Dobře mísitelné s vodou. Není karcinogenní, mutagenní ani teratogenní. Nezatěžuje životní prostředí [14].

Tabulka 3.6 Základní vlastnosti rozpouštědla TOU

TOU	
Sumární vzorec	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub>
Molekulová hmotnost	164,2 g/mol
CAS	4431-83-8
ES	244-631-8
Teplota tání	≤ -65 °C
Teplota varu	210,0 °C
Teplota vznícení	-
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	142 °C
Hustota při 20°C	0,9921 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	31,5 mN/m

### 3.4.7 1,3-dioxolan

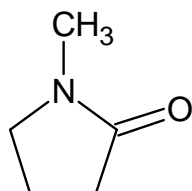


1,3-dioxolan nazýván také jako 1,3-dioxacyklopentan. Je to bezbarvá ve vodě zcela rozpustná kapalina, vysoce hořlavá. Používá se v textilním průmyslu, při organických syntézách a v průmyslu barev a laků [14].

Tabulka 3.7 Základní vlastnosti rozpouštědla 1,3-dioxolan

1,3-dioxolan	
Sumární vzorec	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
Molekulová hmotnost	74,08 g/mol
CAS	646-06-0
ES	211-463-5
Teplota tání	-95 °C
Teplota varu	74,5 °C
Teplota vznícení	2,6 °C
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	-6 °C
Hustota při 20°C	1,06 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	34,3 mN/m

### 3.4.8 N-methyl-2-pyrrolidon



Silné aprotické rozpouštědlo, velká rozpustnost pryskyřic. Hořlavá kapalina. Dráždivý. V této práci byl N-methyl-2-pyrrolidon použit jako standard [15].

Tabulka 3.8 Základní vlastnosti rozpouštědla N-methyl-2-pyrrolidon

N-methyl-2-pyrrolidon	
Sumární vzorec	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> N <sub>1</sub> O <sub>1</sub>
Molekulová hmotnost	99,13 g/mol
CAS	872-50-4
ES	212-828-1
Teplota tání	-23 °C
Teplota varu	202 °C
Teplota vznícení	-
Bod vzplanutí (uzavřený kelímek)	91 °C
Hustota při 20°C	1,029 g/cm <sup>3</sup>
Povrchové napětí při 25°C	41,0 mN/m

### 3.4.9 Směs rozpouštědel

V této bakalářské práci byla použita také modelová směs rozpouštědel. Ke složení bylo přihlíženo se zřetelem na směrné receptury výrobce acetalů.

**TOU : 1,3-dioxolan**

50 %      TOU

50 %      1,3-dioxolan

## 3.5 Zkoušení kvality nátěrů

### 3.5.1 Změna lesku

Lesk je optická vlastnost povrchu tuhých látek, projevující se pravidelným odrazem a difúzním rozptylem světelného toku. Plocha dokonale matná se jeví stejně jasná při libovolném směru pozorování a úhlu dopadu světelných paprsků. Plochy lesklé naopak vypadají mnohem jasněji při pohledu pod úhlem, v jakém na ně dopadá světlo.

#### 3.5.1.1 Vizuální hodnocení

Lesk se hodnotil vizuálně pozorováním se standardy podle ČSN ISO 2813. Sledovalo se zrcadlení různých předmětů (tužky, tyčky, rámců oken). Sledování se provádělo u okna, kde nedopadaly přímé sluneční paprsky. Vzdálenost pozorovatele byla asi 30cm v úhlu 45°.

Rozlišuje se pět stupňů:

- Stupeň 1 – lesk vysoký, zrcadlový. Obraz předmětu na nátěru je dokonale ostrý jako v zrcadle.
- Stupeň 2 – nátěr je lesklý. Obraz předmětu na nátěru je ostrý, nedosahuje však brilance předchozího, hlavně ve stínech.
- Stupeň 3 – nátěr je pololesklý (hedvábný lesk). Obraz předmětu na nátěru je patrný, ale okraje jsou neostře.
- Stupeň 4 – nátěr je polomatný. Obraz předmětu není na nátěru patrný, ale je vidět hrubý obrys.
- Stupeň 5 – nátěr je matný. Obraz předmětu není ani v hrubých rysech na nátěru patrný [16, 17].

### 3.5.2 Tvrdost nátěru

Tvrdost nátěru je jeho odolnost proti místnímu porušení cizím tělesem. Je ovlivněna druhem nátěrové hmoty, kvalitou podkladu, podmínkami při zasychání, tloušťkou a stářím nátěru.

#### 3.5.2.1 Stanovení povrchové tvrdosti tužkami

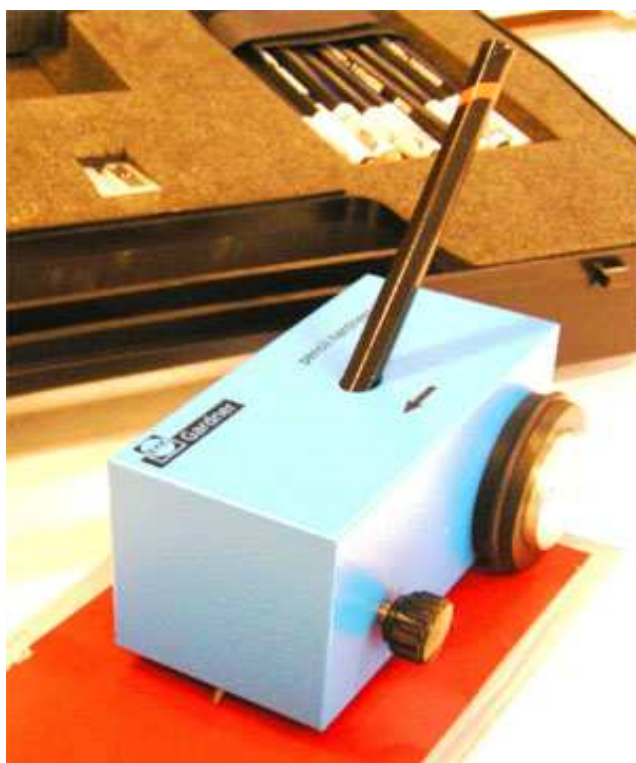
Tvrdost povlaků se stanovovala nejjednodušší a nejpoužívanější zkouškou, kterou je tužková metoda podle ČSN 673075. Sada obsahuje 13 tužek Hartmuth Koh-i-noor 1500 podle ČSN 90 1111.



Tabulka 3.9 Tvrдость нátěru

Číslo tužky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tvrдость tužky	3B	2B	B	HB	F	H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H

Pro měření se používá speciální držák tužek. Na zhotovený nátěr, který je na tvrdém podkladu (sklo) se položí držák tužky, kde je vsazena tužka, která je ořezána a obroušena na papíře za současného otáčení pod úhlem  $40^\circ$ . Držák tužky zaručuje, že tužka je vedena pod úhlem  $30^\circ$  a tlak tužky na nátěr je 300 g. Začíná se s tužkami měkčími, které po nátěru jen píší a lze je setřít rukou. Zkouška je ukončena pokud tužka poprvé viditelně poruší povrch nátěru a vniká do něj [16, 18].



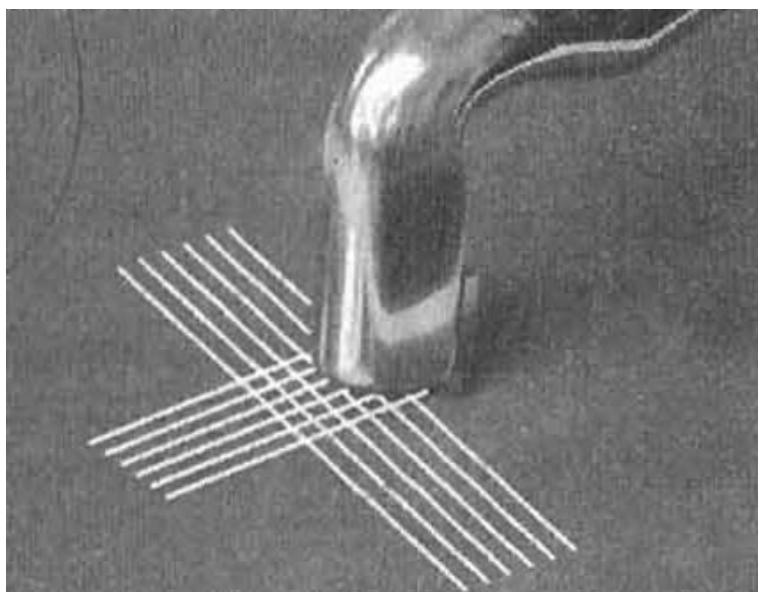
Obr.3.2 Držák tužek

### 3.5.3 Přílnavost nátěru

Přílnavost je závislá nejenom na druhu a jakosti nátěrové hmoty, ale také na podkladovém materiálu. Přílnavost nátěrů se stanovovala mřížkovou zkouškou podle ČSN EN ISO 2409. Měření se provádí při teplotě  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti  $(50 \pm 5)\%$ . V každém směru mřížky musí být šest řezů. Vzdálenost řezů musí být stejná ve všech směrech a závisí na tloušťce povlaku a typu podkladu uvedené v tabulce 2.10.

Tabulka 3.10 Vzdálenost řezů

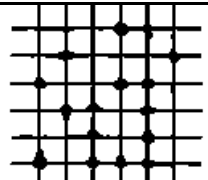
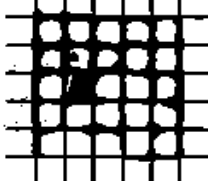

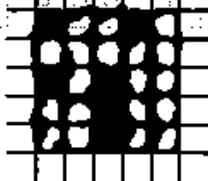
Tloušťka nátěru [μm]	Vzdálenost řezů [mm]	Druh podkladu
0-60	1	tvrdý
0-60	2	měkký
61-120	2	tvrdý i měkký
121-250	3	tvrdý i měkký



Obr. 3.3 Mřížka vytvořená řezem

Zkouška se provádí nejméně na třech různých místech vzorku. Zkušební vzorek se umístí na pevný, rovný povrch, aby se zamezilo jakékoliv deformaci vzorku během zkoušky. Řezání se provádí ručně. Řezný nástroj se drží ostřím kolmo k povrchu vzorku a za použití šablony se stálým tlakem vytvoří mřížka s předepsaným počtem řezů do nátěru. Všechny řezy musí proniknout k povrchu podkladu. Postup se opakuje pootočením původních řezů o 90° tak, aby se vytvořila mřížka. Na mřížku rovnoběžně s jedním svazkem řezů se umístí samolepící páska, která se prstem uhladí tak, aby mřížku překrývala nejméně o 20 mm. Potom se páska uchopí za volný konec a pod úhlem 60° za 0,5 s až 1 s odstraní a provede se zhodnocení podle tabulky 3.11. V experimentální části řešení byl použit pro zhotovení řezů řezný nástroj Elcometer 107 [16, 19].

Tabulka 3.11 Klasifikace přilnavosti nátěrů

Klasifikace	Popis	Vzhled povrchu plochy s mřížkovým řezem
0	Hrany řezů jsou zcela hladké, žádný čtverec mřížky není poškozen.	-
1	Malé kousky povlaku odloupnuty v místech křížení řezů. Poškozená plocha je menší než 5%.	
2	Povlak se odlupuje podél řezů a nebo v místech křížení řezů. Poškozená plocha je větší než 5 %, ale menší než 15 %.	
3	Povlak se odlupuje podél řezu ve velkých pásech částečně nebo zcela na různých místech čtverců. Poškozená plocha je větší než 15 %, ale menší než 35 %.	
4	Povlak se odlupuje podél řezů ve velkých pásech zcela a nebo některé čtverce jsou odloupnuty částečně nebo zcela. Poškozená plocha je větší jak 35 %, ale menší než 65 %.	
5	Jakýkoliv stupeň odlupování, který nemůže být klasifikován ani stupněm 4.	-

### 3.5.4 Odolnost nátěru

Podstatou je přímý styk zkoušeného nátěru a kapaliny. Přičemž se hodnotí plocha s kapalinou a plocha bez kapaliny. Výsledek je téměř vždy závislý na teplotě. Změny se hodnotí vizuálně. Také je důležité, zda se po ukončení zkoušky a po opláchnutí a vysušení nátěru obnoví jeho původní vlastnosti a za jak dlouho (je-li změna reverzibilní). V této práci se odolnost nátěrů testovala kapkovou zkouškou, kdy se pomocí kapátka nanasly kapky rozpouštědel a po určených časových intervalech se vyhodnocovala odolnost [16].

### 3.5.5 Tloušťka nátěru

Tloušťka nátěru má značný vliv na jeho vlastnosti, a proto je její určení základem všech zkoušek. Tloušťka čerstvě nanesené vrstvy se běžně označuje jako „mokrý“. Při zasychání se tato tloušťka u nátěrových hmot obsahujících těkavé složky zmenšuje. Pro technologické vlastnosti nátěru je rozhodující tloušťka po zaschnutí. V této práci se pro stanovení tloušťky použil magnetický způsob.

Měření se provádí podle ČSN EN ISO 2808. V současnosti se používají digitální přístroje, které přímo ukazují tloušťku zkoušeného filmu, bez destruktivních změn nátěrových filmů. Přístroje pro tento způsob měření jsou založeny na magnetické přitažlivosti mezi trvalým magnetem a podkladem, která je ovlivněna naneseným povlakem.

Před použitím musí být každý přístroj kalibrován v souladu s pokyny výrobce pomocí vhodných kalibračních standardů.

Zkouška se provádí po kalibrování tak, že se přístroj položí kolmo na zkoušenou plochu s nátěrem a počká se, až se objeví hodnota na digitálním displeji, ta se odečte. Měření se provádí v různých místech nejméně šestkrát a poté se vypočítá průměr. U nekovových materiálů se vzorek podloží kouskem plechu, nesmí se však zapomenout odečíst tloušťka materiálu, na kterém je nátěr nanesen. V experimentální části řešení se použil magnetický tloušťkoměr Elcometer 626 [16, 20].



*Obr. 3.4 Magnetický tloušťkoměr*

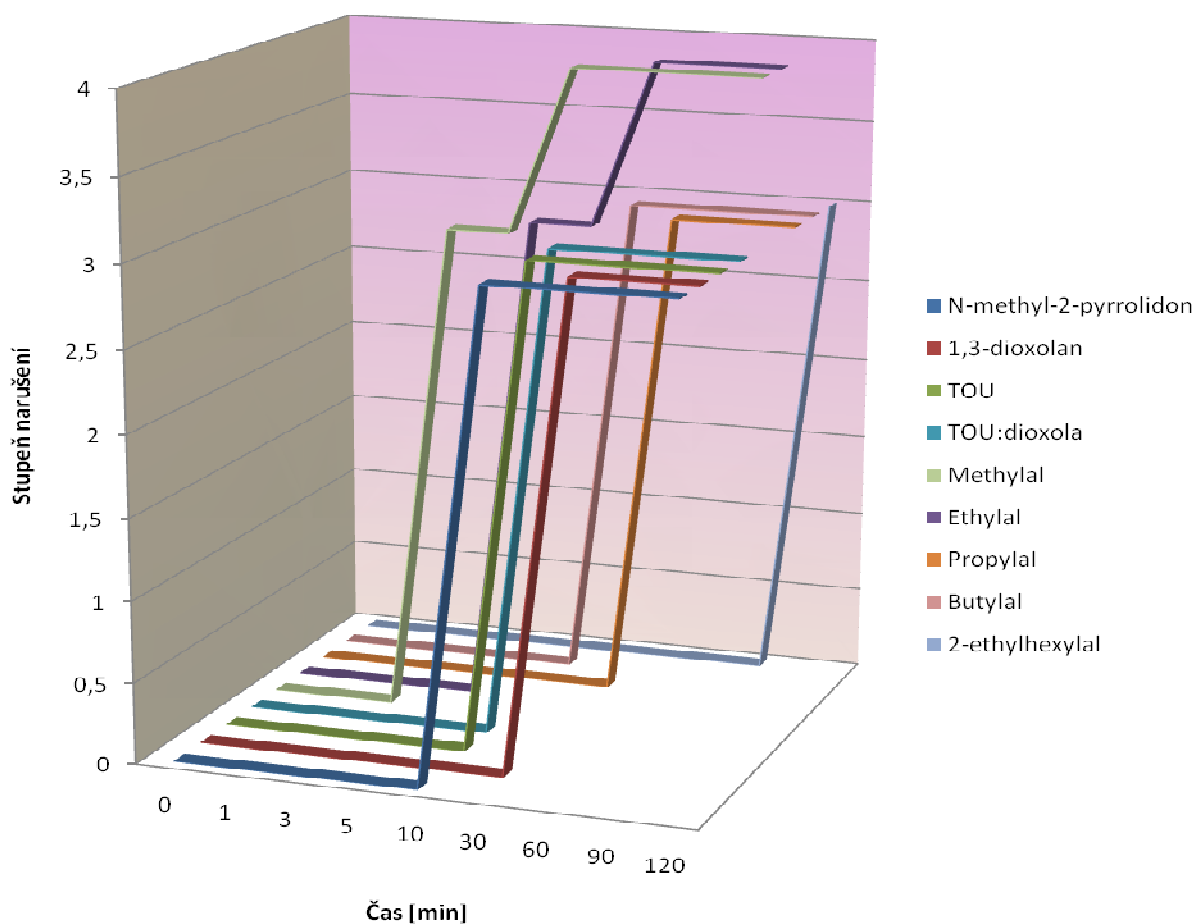
## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 4.1 Výsledky odolnosti PUR nátěru

Odolnost polyuretanových nátěrových hmot se zkoušela kapkovou metodou. Pomocí kapátka se na povrch polyuretanové nátěrové hmoty nanasla kapka uvedených rozpouštědel. Kapka se nechala působit stanovený časový interval, který se určil na 1-3-5-10-30-60-90-120 min.

Polyuretanové nátěrové hmoty byly všemi použitými rozpouštědly narušeny do dvou hodin viz obr. 4.1 a tabulka 4.1. Podle času prvního narušení, jak je vidět na obr. 4.2, můžeme rozpouštědla rozdělit do tří skupin: na rozpouštědla, která narušila povrch v intervalu 0 až 30 minut, kam se podle naměřených výsledků může řadit TOU, methylal, ethylal, směs TOU : 1,3-dioxolan a standard N-methyl-2-pyrrolidon; na rozpouštědla, která narušila polyuretanové nátěrové hmoty v intervalu od 31 do 60 min, mezi které patří 1,3-dioxolan, propylal, butylal; na rozpouštědla, které narušili nátěr v intervalu od 61 do 120min (2-ethylhexylal).

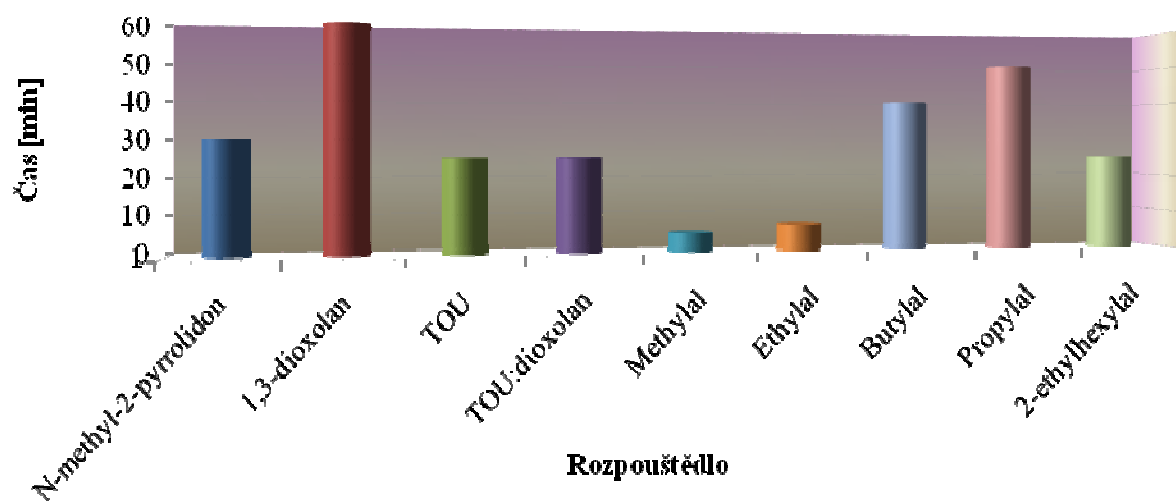
Z výsledků, které jsou patrné z grafů, lze říci, že odolnost polyuretanových hmot vůči vybraným rozpouštědlům není příliš vysoká.



Obr. 4.1 Odolnost polyuretanového nátěru proti vlivům vybraných rozpouštědel

Tabulka 4.1 Míra narušení

0	beze změny
1	Změna lesk - vratná
2	změna lesk - trvalá
3	dílčí narušení
4	degradace



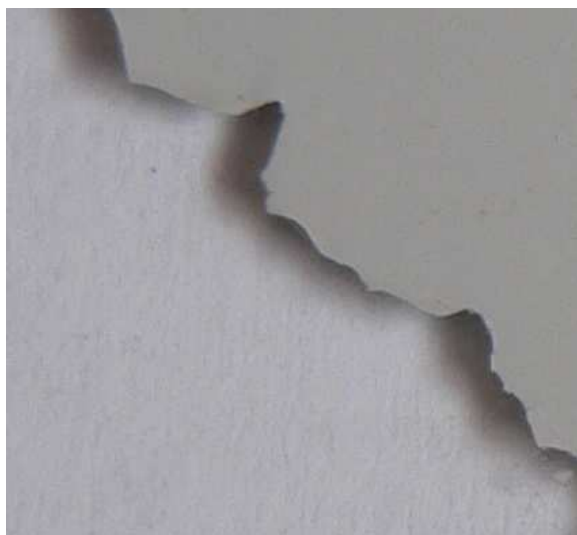
Obr. 4.2 První narušení PUR nátěru pomocí vybraných rozpouštědel



Obr. 4.3 PUR nátěr bez vlivu rozpouštědel



*Obr. 4.4 PUR nátěr po 30 minutovém působení rozpouštědla TOU*



*Obr. 4.5 PUR nátěr po 10 minutovém působení rozpouštědla methylal*



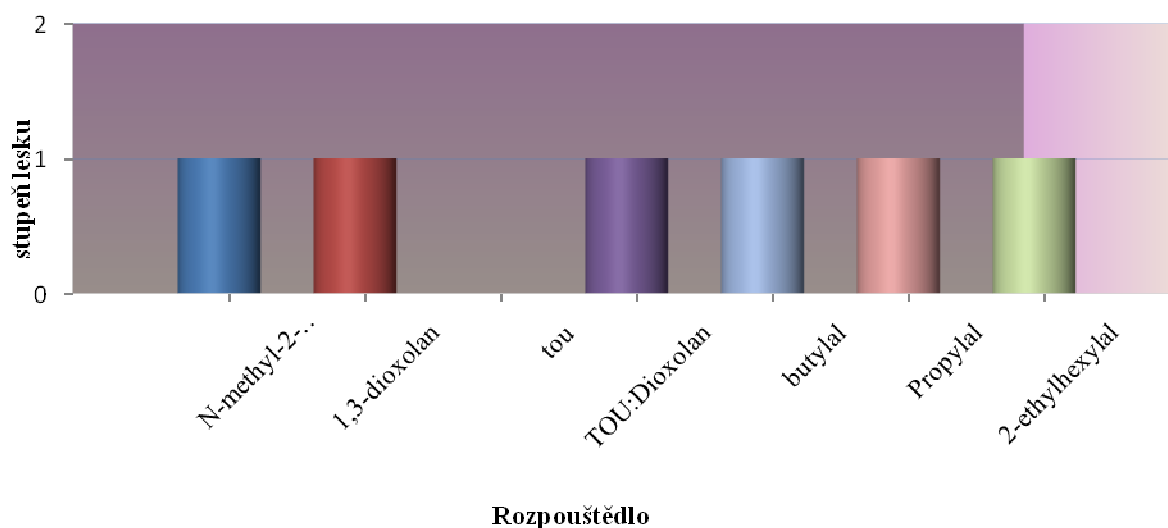
*Obr. 4.6 PUR nátěr po 60 minutovém působení rozpouštědla 1,3 dioxolan*

## 4.2 Výsledky změny lesku

Změna lesku se stanovovala u polyuretanových nátěrových hmot po 30 minutách působení vybraného rozpouštědla. Změna lesku se opticky nestanovovala u methylalu a butylalu, protože nátěry byly degradovány natolik, že stanovení bylo nereálné. Výsledky z obrázku 4.7 a tabulky 4.2 poukazují na to, že vybraná rozpouštědla nenarušují lesk nebo narušují, ale velmi nepatrně.

Tabulka 4.2 Změna lesku

Rozpouštědlo	Stupeň lesku
N-methyl-2-pyrrolidon	1
1,3-dioxolan	1
TOU	0
Methylal	neměřeno
Ethylal	neměřeno
Butylal	1
Propylal	1
2-ethylhexylal	1
TOU:dioxolan	1



Obr. 4.7 Změna lesku PUR povlaků

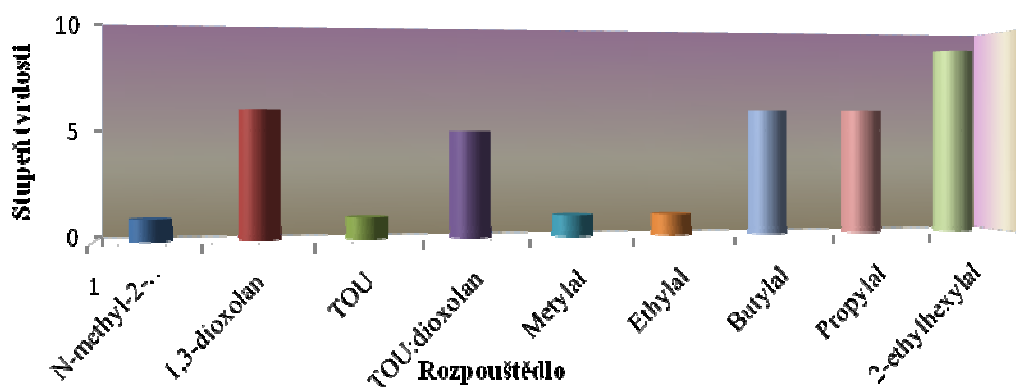


### 4.3 Výsledky tvrdosti PUR nátěrů

Tvrдост je velmi významná vlastnost u nátěrových hmot. Je ovlivněna řadou faktorů, zejména podmínkami při zasychání. Tvrдост se měřila podle ČSN 673075 při teplotě 20 °C. U polyuretanového nátěru bez použití rozpouštědla se naměřila tvrdost 9. Dále se měřila tvrdost u polyuretanových nátěrových hmot, které byly vystaveny 30 min. vybraným rozpouštědlům. Viz. Tabulka 4.3 a graf 4.8. Podle výsledků se může říci, že vliv některých rozpouštědel jako je N-methyl-2-pyrrolidon, TOU, Methylal, Ethylal má za následek snížení tvrdosti polyuretanových nátěrových hmot. U ostatních rozpouštědel není snížení tvrdosti tak významné.

Tabulka 4.3 Stanovená tvrdost

Rozpouštědlo	Tvrдост nátěru
N-methyl-2-pyrrolidon	1
1,3-dioxolan	6
TOU	1
Methylal	1
Ethylal	1
Butylal	6
Propylal	6
2-ethylhexylal	9
TOU:dioxolan	5



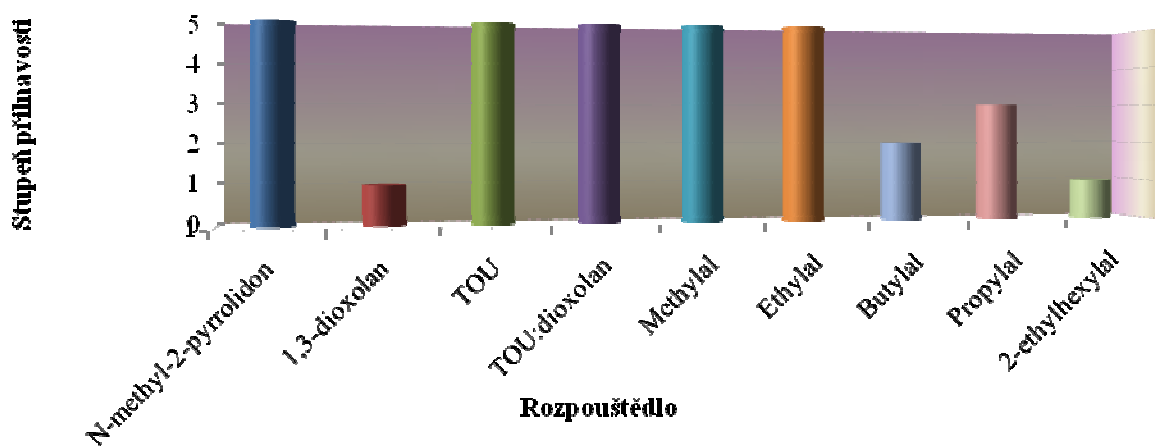
Obr. 4.8 Výsledky tvrdosti PUR nátěrů

#### 4.4 Výsledky přilnavosti nátěrů

Přilnavost nátěrů se stanovovala mřížkovou zkouškou podle ČSN EN ISO 2409. Přilnavost se opět stanovovala na polyuretanových nátěrech, které byly vystaveny 30 minutovému působení vybraných rozpouštědel, výsledky viz. tabulka 4.4 a graf 4.9. Nejvíce přilnavý byl 2-ethylhexylal a 1,3-dioxolan.

Tabulka 4.4 Stanovená přilnavost nátěrů

Rozpouštědlo	Přilnavost nátěru
N-methyl-2-pyrrolidon	5
1,3-dioxolan	1
TOU	5
Methylal	5
Ethylal	5
Butylal	2
Propylal	3
2-ethylhexylal	1
TOU:dioxolan	5



Obr.4.9 Výsledky přilnavosti PUR nátěrů

#### 4.5 Srovnání vlastností polyuretanových nátěrů s epoxidovými nátěry

Pro porovnání polyuretanů se vybrala směs TOU : 1,3-dioxolan, která se jseště otestovala na epoxidových nátěrech. Z výsledků uvedených v tabulce 4.5 se zjistilo, že odolnost epoxidových nátěrů vůči vybraným rozpouštědlům je větší než odolnost polyuretanových nátěrů.

*Tabulka 4.5 Vlastnosti nátěrů*

	PUR nátěr	Epoxidový nátěr
Změna lesku	1	2
Tvrдость nátěru	5	5
Přilnavost nátěru	5	5
Odolnost nátěru [min]	25	30

## 5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit chemickou odolnost polyuretanových nátěrových systémů v prostředí organických rozpouštědel ze skupiny acetalů. Byl hodnocen vliv sedmi rozpouštědel (1,3-dioxolan, TOU, methylal, ethylal, propylal, butylal a 2-ethylhexylal) a jedné směsi rozpouštědel (TOU : 1,3-dioxolan); jako standard byl použit N-methyl-2-pyrrolidon.

Na začátku experimentální práce byla kapkovou metodou orientačně ověřena odolnost polyuretanových nátěrových hmot určením doby, při níž došlo k porušení nátěrového systému. Z výsledků vyplynulo, že polyuretanové nátěrové hmoty se nevyznačují vysokou odolností vůči koroznímu působení acetalů. Nátěr byl ve všech případech použitých vybraných rozpouštědel do 120 minut narušen. Nejvíce odolný je polyuretanový povlak proti působení 2-ethylhexylalu, nejnižší odolnost tohoto povlaku byla stanovena při působení methylalu, kde byl nátěr porušen do pěti minut. Dosažené výsledky byly potvrzeny podrobným hodnocením korozní odolnosti podle zpracovaného programu.

Dále byly v průběhu korozního působení acetalů stanovovány další vlastnosti polyuretanových nátěrů (povlaků):

Změna lesku není při použití vybraných rozpouštědel výrazná. Obecně lze říci, že pokud je povlak chemicky odolný, nedochází vlivem acetalů ke změně lesku v technicky významné míře.

Naopak tvrdost polyuretanového nátěru je vybranými rozpouštědly v některých případech výrazně ovlivněna. Největší snížení tvrdosti bylo zjištěno u methylalu, ethylalu, TOU a standardu N-methyl-2-pyrrolidonu. Tvrdost vůbec neovlivňovalo rozpouštědlo 2-ethylhexylal.

Hodnocení přilnavosti polyuretanových povlaků po působení vybraných rozpouštědel rozdělilo testované systémy PUR povlak – acetal do dvou skupin. Dobrou přilnavost vykazují nátěry, které byly vystaveny působení rozpouštědel: 1,3-dioxolanu, butylalu, propylalu, 2-ethylhexylalu. Naproti tomu polyuretanové povlaky po působení rozpouštědel: standardu N-methyl-2-pyrrolidonu a dále acetalů typu TOU, methylal, ethylal a vybrané směsi, nebyly vůbec přilnavé.

Provedené experimentální práce a získané výsledky naznačují, že zadání tématu práce bylo velice aktuální. Skupina acetalů se používá při povrchových úpravách v širokém měřítku a pouze dostatečné znalosti korozního působení těchto rozpouštědel mohou umožnit optimalizaci aplikačních forem ve vztahu k povrchové úpravě.

Mimo rámec zadání byla pro porovnání výsledků s jinou skupinou povlaků vybrána směs rozpouštědel a s ní provedeny zkoušky odolnosti epoxidového nátěru. Bylo zjištěno, že epoxidové nátěry jsou vůči použité směsi odolnější než polyuretanové nátěry, což lze považovat za zajímavý výsledek, potvrzující významnost budoucího analogického testování odolnosti syntetických, epoxidových a polyuretanových nátěrů od různých výrobců vůči působení acetalů.

-----

#### Poznámka na závěr:

Dosažené výsledky se vztahují pouze na testovaný typ polyuretanového nátěru, zobecnění pro obdobné nátěry zhotovené z polyuretanových nátěrových hmot (případně epoxidových nátěrových hmot) jiných výrobců by bylo možné až po provedení rozšířených experimentálních prací, což bylo mimo rámec této práce.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KALEDOVA, Andrea, KALENDA, Petr. Technologie nátěrových hmot : Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot. 1. vyd. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2004. 328 s. ISBN 80-7194-691-5.
- [2] LUKAVSKY, Ladislav. Nátěrové hmoty a přípravky pro povrchové úpravy. 1. vyd. Praha : Merkur, 1985. 170 s.
- [3] TULKA, Jaromír. Povrchové úpravy materiálů. 1. vyd. Brno: VUT, 2005. 108 s. ISBN 80-214-3062-1.
- [4] MLEZIVA, Josef, ŠŇUPÁREK, Jaromír. Polymery výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 2000. 334 s. ISBN 80-85920-72-7.
- [5] KRATOCHVÍL, Bohumil. Úvod do studia materiálů. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005. 10-11 s. ISBN 80-7080-568-4.
- [6] MACEK, Karel. Nauka o materiálu. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. 7 s. ISBN 80-01-01507-6.
- [7] MILIČ, Richard, VEČEŘA, Miroslav. *Laboratorní příručka pro technologii polymerů*. 1. vyd. Pardubice: Ediční středisko VŠCHT Pardubice, 1990. 79 s. ISBN 80-85113-23-6
- [8] KOVAKOVIČ. Plasty a koroze. 1. vyd. Bratislava: Nakladatelství ALFA, 1969. 459 s.
- [9] DOLEŽAL, B.. Odolnost plastů a pryží. 1. vyd. Praha: SNTL, 1981. 611 s.
- [10] JARUŠEK, Jaroslav. Technologie nátěrových hmot. 1. vyd. Pardubice : VŠCHT, 1987. 170 s.
- [11] Katalogový list Aquareng. Brno: V-Trade, s.r.o., 2003.
- [12] Technický list Bichodur 2C DMT Matt. Almere: BICCS, 2005.
- [13] Technický list Bichodur 2C DMT High gloss. Almere: BICCS, 2005.
- [14] Lambiotte [online]. 2008 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW: <[http://www.lambiotte.com/product\\_view.php?id=107](http://www.lambiotte.com/product_view.php?id=107)>.
- [15] Eurochem [online]. 2008 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW: <<http://www.eurochem.cz/index.php?MN=Chemick%E9+l%E1tky&ProdID=00021B0608D7E8860002EC86>>.
- [16] MALEK, M, TRNKA, J. Zkoušení nátěrových hmot a nátěrů. 1. vyd. Praha : STNL, 1959. 114-148 s. ISBN 05-113.
- [17] ČSN EN ISO 2813. Nátěrové hmoty – Stanovení zrcadlového lesku nátěrů bez obsahu kovových pigmentů. Praha: Český normalizační institut. 1999. 4 s.
- [18] ČSN 673075. Stanovení povrchové tvrdosti tužkami. Praha: Český normalizační institut. 1991. 8 s.

- [19] ČSN EN ISO 2409. Nátěrové hmoty – mřížková zkouška. Praha: Český normalizační institut. 2007. 16 s.
- [20] ČSN EN ISO 2808. Nátěrové hmoty – Stanovení tloušťky nátěru. Praha: Český normalizační institut. 2007. 13 s.

## **7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

NMP – N-methyl-2-pyrrolidon

PUR – Polyuretan

TOU – 2,5,7,10-tetraoxaundekan